

明 細 書

整合回路のインピーダンス調整方法及びその装置

5 発明の背景

本発明は、パターン線路を有する整合回路のインピーダンスを調整する整合回路のインピーダンス調整方法及びその装置に関する。

従来、電話の基地局の送信アンプ回路では例えば平均280Wのパワーを必要されており、このような大パワーの出力を確保すると同時に、高い精度で信号を変換して信号の歪みを出来る限り抑制して増幅し伝送することにより、他の通話に悪影響を及ぼさないようにすることも要求されている。このような厳しい要求に応えるため、図33に示すように、基地局の送信アンプ回路に使用されている多数のトランジスタ101のチップコンデンサ102、103の定数及び装着位置を半田ごてを使用して調整させることにより、コンデンサ102、103のインピーダンスを調整する必要がある。

ところで、上記インピーダンス調整では、例えば、数オームを50オームから1又は2オームに変換することが要求されている。このような大きな出力性能を確保できるように、インピーダンスを調整するとき、少ない自由度のなかで調整作業を行い、受動部品の整合を行なう必要がある。具体的な調整例としては、例えば、コンデンサ102、103を1mm動かすことにより中心周波数が30MHz動くとき、要求精度は数MHz単位であるため、小数点以下1桁の単位での位置調整が求められることになり、調整作業が非常に困難なものとなる。

また、従来のインピーダンス調整箇所としては、入力コンデンサが2つ、出力コンデンサが2つのそれぞれの位置とそれぞれの定数との合計8パラメータが混合されたものとなる。このように、複数箇所の混合した調整作業を行うため、互に影響を及ぼし合うため、調整作業が複雑なものとなり、従来の調整時間の一例としては、少なくとも10分以上で、数時間に及ぶこともあるといっ

た問題があった。

例えば、調整の一例としては、カットアンドトライで行うようにしている。すなわち、例えば、まず、粗調整で、大きな容量のコンデンサ（1.5 pF）で最良位置を調整して最良利得と最良位置を調べ、1.8 pFでまた最良位置を調整して調べ、2.2 pF～5 pFぐらいまで調べて、一番良い状態でコンデンサを装着固定する。次に、微調整として、微調整のために容量の小さいコンデンサ（0.1 pF）を追加して微調整を上記粗調整と同様に行い、0.2 pFで最良位置を調整して最良利得と最良位置を調べ、0.5 pFでまた最良位置を調整して調べるという手順を繰り返して、一番良い状態でコンデンサを装着固定する。しかしながら、手作業で行うため、作業者によってバラツキが大きく、かつ、作業時間がかかるといった問題があった。

従って、本発明の目的は、上記問題を解決することによって、インピーダンスの調整を高精度を確保しつつ短時間で行うことができる整合回路のインピーダンス調整方法及びその装置を提供することにある。

発明の要約

上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

本発明の第1態様によれば、パターン線路を有する整合回路において、上記パターン線路より幅方向に突出したスタブを部分的に切り取ることにより、上記整合回路のインピーダンスを調整する上で上記スタブを切り取り過ぎたとき、上記スタブを部分的に切除する補助切除部を形成することにより、見かけ上、上記スタブを長くするようにしたことを特徴とする整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第2態様によれば、上記パターン線路の上記スタブを部分的に切り取る切り取り量と、上記整合回路のインピーダンスとの関係、並びに、上記スタブを部分的に切除する補助切除部の切除量と、上記整合回路のインピーダンスとの関係に基づき、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するための上記切り取り量、又は、上記切除量、又は、上記切り取り量及び上記切除量をシミュ

レーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求め、

上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた上記スタブの上記切取り量、又は、上記切取り量及び上記切除量に基き、上記スタブを部分的に切取り又は切除して、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するようにした第1の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第3態様によれば、上記スタブを部分的に切除して上記補助切除部を形成するとき、上記スタブの幅方向にスリットを形成するようにした第1又は2の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第4態様によれば、上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して櫛歯状に切り込むようにした第3の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第5態様によれば、上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して千鳥状に切り込みを行うようにした第3又は4の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第6態様によれば、上記パターン線路の上記スタブを部分的に切除して上記補助切除部を形成するとき、上記パターン線路の上記スタブの幅方向に切欠を形成するようにした第1又は2の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第7態様によれば、上記パターン線路の上記スタブを部分的に切除して上記補助切除部を形成するとき、上記パターン線路の上記スタブに鍵型スリットを形成するようにした第1又は2の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第8態様によれば、上記パターン線路のそれぞれの上記スタブでの上記切取り量、又は、上記切除量、又は、上記切取り量及び上記切除量を互に異ならせるようにした第1～7のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第9態様によれば、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向の上記補助切除部の切除量を変更することによりインピーダンス調整を行うようにした第1～8のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

5 本発明の第10態様によれば、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向に予め凹部を形成しておき、その凹部に絶縁性樹脂を埋め込んだのち、その絶縁性樹脂を切除して上記補助切除部を形成するようにした第1～9のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

10 本発明の第11態様によれば、上記パターン線路の上記スタブの幅方向へ切除と、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向への切除とを組み合わせることにより、インピーダンス特性に合わせて微調整するようにした第1～10のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

15 本発明の第12態様によれば、上記補助切除部の長さや幅により、スミスチャート上でのインピーダンス変化量が変化し、上記インピーダンス上での位相を基に上記整合回路の上記インピーダンスを上記目標値に調整するようにした第1～11のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

20 本発明の第13態様によれば、上記スタブを部分的にレーザにより切除して上記補助切除部を形成する第1～12のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整方法を提供する。

本発明の第14態様によれば、パターン線路を有する整合回路の上記パターン線路の上記スタブにレーザを照射して上記パターン線路の上記スタブを部分的に切除して補助切除部を形成するレーザ照射装置と、

上記整合回路のインピーダンスを測定する測定器と、

25 上記パターン線路の上記スタブを部分的にレーザにより切り取る切り取り量と上記整合回路のインピーダンスとの関係、並びに、上記スタブを部分的に上記レーザにより切除する補助切除部の切除量と上記整合回路のインピーダンスとの関係を予め記憶する記憶部と、

上記記憶部に記憶された上記関係に基づき、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するための上記切取り量、又は、上記切取り量及び上記切除量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求める演算部とを備え、

- 5 上記演算部の上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた上記切取り量、又は、上記切取り量及び上記切除量に基づき、上記パターン線路の上記スタブにレーザを照射して上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザにより切取り又は切除したのち、上記測定器により上記整合回路のインピーダンスを測定し、上記測定器により測定されたインピーダンスの測定値と上記目標値とを上記演算部で比較して、両者に許容範囲以上の差がある場合には、その差に基づいて上記演算部の上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により再び求められた切取り量、又は、切取り量及び上記切除量に基づき、上記パターン線路の上記スタブにレーザを照射して上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザにより切取り又は切除するようにしたことを特徴とする整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。
- 10
- 15

本発明の第15態様によれば、上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより切除して上記補助切除部を形成するとき、上記レーザにより上記パターン線路の上記スタブの幅方向にスリットを形成するようにした第14の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

20

本発明の第16態様によれば、上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより形成される上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して櫛歯状に切り込むようにした第15の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

25

本発明の第17態様によれば、上記レーザ照射装置から照射される上記レーザで形成する上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して千鳥状に切り込みを行うようにした第15又は16の態様に記載の整合回

路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 18 態様によれば、上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより切除して上記補助切除部を形成するとき、上記レーザにより上記パターン線路の上記スタブの幅方向に切欠を形成するようにした第 14 の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 19 態様によれば、上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより切除して上記補助切除部を形成するとき、上記レーザにより上記パターン線路の上記スタブに鍵型スリットを形成するようにした第 14 の態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 20 態様によれば、上記パターン線路のそれぞれの上記スタブでの上記切取り量、又は、上記切除量、又は、上記切取り量及び上記切除量を互に異ならせるようにした第 14 ～ 19 のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 21 態様によれば、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向の上記補助切除部の切除量を変更することによりインピーダンス調整を行うようにした第 14 ～ 20 のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 22 態様によれば、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向に予め凹部を形成しておき、その凹部に絶縁性樹脂を埋め込んだのち、その絶縁性樹脂を上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより切除して上記補助切除部を形成するようにした第 14 ～ 21 のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 23 態様によれば、上記パターン線路の上記スタブの幅方向へ切除と、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向への切除とを組み合わせることにより、インピーダンス特性に合わせて微調整するようにした第 14 ～ 22 のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

本発明の第 2 4 態様によれば、上記レーザ照射装置から照射される上記レーザで形成する上記補助切除部の長さや幅により、スミスチャート上でのインピーダンス変化量が変化し、上記インピーダンス上での位相を基に上記整合回路の上記インピーダンスを上記目標値に調整するようにした第 1 4 ~ 2 3 のいずれかの態様に記載の整合回路のインピーダンス調整装置を提供する。

図面の簡単な説明

本発明のこれらと他の目的と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、

図 1 は、本発明の第 1 実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法を適用する基地局用パワーアンプ回路の概略構成図であり、

図 2 は、図 1 のパワーアンプ回路の詳細図であり、

図 3 は、本発明の第 1 実施形態にかかるインピーダンス調整方法を実施するためのインピーダンス調整装置の構成を示すブロック図であり、

図 4 は、本発明の第 1 実施形態にかかるインピーダンス調整方法を示すフローチャートであり、

図 5 A、図 5 B は、それぞれ本発明の第 1 実施形態にかかるインピーダンス調整方法により切除される補助切除部を有するパターン線路のスタブの説明図であり、

図 6 A、図 6 B は、上記インピーダンス調整方法を適用可能な図 1 のパワーアンプ回路の入力及び出力整合回路を詳細に示した説明図及び上記入力整合回路の位置に対応する位置を示すスミスチャートであり、

図 7 は、上記インピーダンス調整方法によるインピーダンスの調整を説明するためのスミスチャートであり、

図 8 は、上記インピーダンス調整方法において直線状スリットを形成したパターン線路のスタブの説明図であり、

図 9 は、上記インピーダンス調整方法において直線状スリットを形成したパターン線路のスタブでのスリットの位置を説明するための説明図であり、

図10は、図9のように直線状スリットを個々に形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図11は、図9の直線状スリットのうち複数の直線状スリットを組み合わせた場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図12は、直線状スリットの長さでインピーダンスの位相との関係を説明するための説明図であり、

図13は、図12のように直線状スリットを形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図14は、直線状スリットによるインピーダンス調整を説明するための説明図であり、

図15は、図14のように直線状スリットを形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図16は、上記インピーダンス調整方法において切欠を形成したパターン線路のスタブの説明図であり、

図17は、上記インピーダンス調整方法において切欠を形成したパターン線路のスタブでの切欠の位置を説明するための説明図であり、

図18は、図9のように切欠を個々に形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図19は、図9の切欠のうち複数の切欠を組み合わせた場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図20は、上記インピーダンス調整方法において切欠を形成したパターン線路のスタブの説明図であり、

図21は、図20のように切欠を形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図22は、上記インピーダンス調整方法において鍵型スリットを形成したパターン線路のスタブの説明図であり、

図23は、上記インピーダンス調整方法において鍵型スリットを形成したパターン線路のスタブでの鍵型スリットの位置を説明するための説明図であり、

図24は、図22のように鍵型スリットを個々に形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図25は、図23の鍵型スリットのうち複数の鍵型スリットを組み合わせた場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図26は、鍵型スリットの長さとのインピーダンスの位相との関係を説明するための説明図であり、

図27は、図26のように鍵型スリットを形成した場合のインピーダンスの動きを説明するためのスミスチャートであり、

図28は、上記インピーダンス調整方法において直線状スリット及び切欠を組み合わせて形成したパターン線路のスタブでのスリット及び切欠の位置を説明するための説明図であり、

図29は、本発明の第2実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法を説明するための説明図であり、

図30A、図30B、図30Cは、それぞれ本発明の第3実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法を説明するための説明図であり、

図31は、本発明の第4実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法を説明するための説明図であり、

図32A、図32B、図32C、図32Dは、それぞれ本発明の第5実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法を説明するための説明図であり、

図33は、従来のインピーダンス調整方法を説明するための基地局用パワーアンプ回路の概略構成図であり、

図34は、本発明の実施形態のより具体的な例としての送信アンプ回路の図であり、

図35は、図34の送信アンプ回路でのパワー入力 P_{in} とパワー出力 P_{out} との関係を示す図である。

実施形態の詳細な説明

本発明の記述を続ける前に、添付図面において同じ部品については同じ参照

符号を付している。

以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

本発明の第1実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法は、図1及び図2に示すように、パターン線路23, 23; 25, 25とコンデンサ22, 24とより構成される整合回路2, 3において、上記パターン線路23, 23; 25, 25より幅方向に突出したスタブ224, 224; 214, 214を部分的にレーザにより切り取ることにより、又は、スタブ224, 224; 214, 214を部分的にレーザにより切除して補助切除部250（図5A参照）を形成することにより、又は、上記切取りと切除とを組み合わせることにより上記整合回路2, 3のインピーダンスを調整するとき、上記レーザにより切取る第1及び第2切取り部221, 222などの切取り量と上記整合回路2, 3のインピーダンスとの関係、切除する補助切除部250の切除量と上記整合回路2, 3のインピーダンスとの関係、及び上記切取り量と切除量との組み合わせと上記整合回路2, 3のインピーダンスとの関係に基づき、上記整合回路2, 3のインピーダンスを目標値に調整するための上記第1及び第2切取り部221, 222などの切取り量又は補助切除部250の切除量又はそれらの組み合わせ量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求め、上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた上記第1及び第2切取り部221, 222などの切取り量又は補助切除部250の切除量又はそれらの組み合わせ量に基づき、上記パターン線路23, 23; 25, 25のスタブ224, 224; 214, 214を部分的に上記レーザにより切取って第1及び第2切取り部220, 221など又は切除して補助切除部250又はその両方を形成し、上記整合回路2, 3のインピーダンスを目標値に調整するようにしている。

なお、ここで、上記第1及び第2切取り部220, 221などを形成することは、図8において、スタブ224（スタブ214はスタブ224と同一であるため、以下の説明では、代表例としてスタブ224について説明する。）の

基準長さ220に対して、その端部からある長さの第1切取部221、さらに同じ長さ若しくは別の長さの第2切取部222などをそれぞれ設ける、言い換えれば、スタブ224の基準長さ220より短くしていくことを意味する。また、上記補助切除部250を形成することは、図8において、スタブ224にスリット260、切欠270、鍵型スリット280などの補助切除部を形成することを意味する。

ここで、上記第1実施形態にかかる整合回路のインピーダンス調整方法が適用される被調整回路の一例としての基地局用パワーアンプ回路4は、図1に示すように、一般に、入力整合回路2と、入力整合回路2が入力側に接続されかつ増幅作用を持つ電界効果トランジスタ(FET)などの増幅素子(能動素子)1と、増幅素子1の出力側に接続される出力整合回路3とより構成されている。ただし、パワーアンプ回路4の構成要素として電源なども含めることもある。

パワーアンプ回路4のより具体的な例としては、パワーアンプ回路4の入力整合回路2の入力側端子にインピーダンス50Ωの入力信号で入力されると、入力整合回路2、電界効果トランジスタ(FET)より構成される増幅素子(5Ωの入力インピーダンスと、5Ωの出力インピーダンス)1、出力整合回路3を経て、50Ωの信号の出力インピーダンスをパワーアンプ回路4の出力整合回路3の出力側端子から出力するように構成したものがある。

入力整合回路2は、パワーアンプ回路4の前段の回路(アンプや、その他の回路)の信号の出力インピーダンスと、増幅素子1の入力インピーダンスとを整合する役目を持つものである。このように整合することをインピーダンスマッチングともいう。

このように整合することにより、パワーアンプ回路4の前段の回路からの信号の電力の全てを、パワーアンプ回路4を介して、パワーアンプ回路4の後段の回路に伝えることができる。もし、整合が合わないと、パワーアンプ回路4の入力側に入力された信号電力がパワーアンプ回路4の入力側に反射してしまい、電力が無駄になり、効率が下がるといった問題が発生する。また、入力側

に反射してパワーアンプ回路 4 の前段の回路に戻った信号がパワーアンプ回路 4 の前段の回路の出力部で再反射し、また、入力整合回路 2 で再反射することを繰り返すことにより、定在波となり、ノイズの原因になったりもする。出力整合回路 3 においても、入力整合回路 2 と同様な問題がある。

5 一般には、パワーアンプ回路 4 の入出インピーダンスを同じ値（例えば、 50Ω とするのが圧倒的に多い。）にしていることが多い。従来のパワーアンプ回路では、パワーアンプ回路の入出力インピーダンスを 50Ω とし、増幅素子 1 のトランジスタの入出力インピーダンスを 5Ω としている。よって、入力整合回路 2 は、パワーアンプ回路の入力インピーダンスである 50Ω を増幅素子 1 のトランジスタの入力インピーダンスである 5Ω に変換するものである。

10 また、出力整合回路 3 は、増幅素子 1 のトランジスタの出力インピーダンスである 5Ω の入力インピーダンスをパワーアンプ回路 4 の出力インピーダンスである 50Ω に変換するものである。入力整合回路 2 や出力整合回路 3 などの整合回路は、図 2 に示すように、それぞれ、一对のパターン線路 23、23 と、一对のパターン線路 23、23 間にまたがって装着される 1 個又は 2 個のコンデンサ 22 とから構成する場合が多いので、図 3 に示す 2 個のコンデンサ 22、すなわち、コンデンサ C1 及び C2 が装着された例で以下説明する。

15 このような各整合回路 2、3 の性能をそれぞれ達成するように、第 1 実施形態のインピーダンス調整方法により調整する。以下の説明では、簡略化のため、入力整合回路 2 についてのみ説明するが、出力整合回路 3 でも同様に調整される。

20 まず、第 1 実施形態のインピーダンス調整方法を実施することができる整合回路のインピーダンス調整装置について説明する。

25 上記整合回路のインピーダンス調整装置は、図 3 に示すように、レーザ照射装置 203 と測定器 30 と記憶部 201 と演算部 202 と制御装置 200 とより構成し、制御装置 200 により、レーザ照射装置 203、測定器 30、記憶部 201、及び演算部 202 の動作が制御されている。

レーザ照射装置 203 は、整合回路 2 の上記パターン線路 23 のスタブ 22

4にレーザを照射して上記パターン線路23のスタブ224を部分的にレーザにより切り取る。すなわち、スタブ224の基準長さ220に対して、その端部からある長さの第1切取り部221、さらに同じ長さ若しくは別の長さの第2切取り部222などをそれぞれ設けて、スタブ224をその基準長さ220より短くしたり、スタブ224にスリット260、切欠270、鍵型スリット280などの補助切除部250を形成してスタブ224の長さを、見かけ上、長くするように調整する。又は、必要に応じて、上記切取りと切除とを組み合わせる。

測定器30は、上記整合回路2のインピーダンスを測定するネットワークアナライザなどの測定器（出力整合回路3では測定器31）である。

記憶部201は、上記スタブ224を部分的にレーザにより切り取る切取り部221、222などの切取り量と上記整合回路2のインピーダンスとの関係、並びに、上記スタブ224を部分的に上記レーザにより切除する補助切除部250の切除量と上記整合回路2のインピーダンスとの関係を予め記憶する。必要に応じて、上記切取り量と切除量との組み合わせと上記整合回路2のインピーダンスとの関係も予め記憶する。また、目標値も記憶させるようにしてもよい。さらに、目標値に対する許容誤差範囲も記憶させてデータベース化するようにしてもよい。

演算部202は、回路図からインピーダンスを演算するもの又はインピーダンスから回路パラメータを演算するものである高周波シミュレータなどより構成され、上記記憶部201に記憶された上記関係に基づき、上記整合回路2のインピーダンスを目標値に調整するための上記切除量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求める。

上記調整装置によれば、上記演算部202の上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた上記第1若しくは第2切取り部221若しくは222などの切取り量又は補助切除部250の切除量又はそれらの組み合わせ量に基づき、上記パターン線路23のスタブ224にレーザを照射して上記パターン線路23のスタブ224を部分

的に上記レーザにより切除して基準長さ220より短くする（図8参照）。その後、上記測定器30により上記整合回路2のインピーダンスを測定し、上記測定器30により測定されたインピーダンスの測定値と上記目標値とを上記演算部202で比較する。そして、両者に許容範囲すなわち許容誤差範囲以上の差がある場合には、その差に基づいて上記演算部202で再びシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算を行い、シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた第1若しくは第2切取り部221若しくは222などの新たな切取り量又は補助切除部250の新たな切除量又はそれらの新たな組み合わせ量に基き、上記パターン線路23のスタブ224にレーザを照射して上記パターン線路23のスタブ224を部分的に上記レーザにより切取って基準長さ220より短くするか、上記パターン線路23のスタブ224にレーザを照射して上記パターン線路23のスタブ224を部分的に上記レーザにより切除して、スタブ224にスリット260、切欠270、若しくは、鍵型スリット280などの補助切除部を形成する。又は、必要に応じて、上記切取りと切除を組み合わせる。なお、インピーダンスを直接測定するのではなく、周波数特性などのアンプの諸特性を測定して、調整する方法もある。

以下、上記調整装置を使用して行う、整合回路のインピーダンス調整方法を図4に基いて詳述する。

予め、上記パターン線路23のスタブ224を部分的にレーザにより切取り切取り部221若しくは222を形成して切取り部221、222を形成して上記入力整合回路2のインピーダンスを調整したり、スタブ224を部分的にレーザにより切除して補助切除部250を形成して上記入力整合回路2のインピーダンスを調整するとき、上記レーザにより切取る第1及び第2切取り部221、222などの切取り量と上記整合回路2、3のインピーダンスとの関係情報、切除する補助切除部250の切除量と上記整合回路2、3のインピーダンスとの関係情報、及び上記切取り量と切除量との組み合わせと上記整合回路2、3のインピーダンスとの関係情報、例えば、関係式又は関係グラフ若しく

はテーブルなどを求めて、その関係情報を記憶部201に記憶させる。具体的には、上記パターン線路23のスタブ224を部分的にレーザにより、スタブ224の端部において第1切取り部221、第2切取り部222などを設けることにより切取り、スタブ224の基準長さ220より短くしていき、それぞれの切取り後のスタブ224の長さと上記入力整合回路2のインピーダンスとの関係情報、及び、上記パターン線路23のスタブ224を部分的に切除してスリット260、切欠270、鍵型スリット280などの補助切除部を形成するときの切除量と上記入力整合回路2のインピーダンスとの関係情報を求めて、これらの関係情報を記憶部201に記憶させる。また、必要に応じて、上記第1切取り部221、第2切取り部222などと、スリット260、切欠270、鍵型スリット280などの補助切除部との組み合わせと、上記入力整合回路2のインピーダンスとの関係情報も求めて、その関係情報を記憶部201に記憶させる。これにより、上記入力整合回路2のあるインピーダンス値に対して、上記第1切取り部221、第2切取り部222などの単独がよいか、スリット260、切欠270、鍵型スリット280などの補助切除部250の単独が良いか、又は、上記第1切取り部221、第2切取り部222などとスリット260、切欠270、鍵型スリット280などの補助切除部250との組み合わせが良いかを判断するための情報源となるようにする。

次いで、図4に示すように、ステップS301において、記憶部201に記憶させた上記第1若しくは第2切取り部221若しくは222などの切取り量又は補助切除部250の切除量又はそれらの組み合わせ量と上記入力整合回路2のインピーダンスとの関係情報に基き、上記入力整合回路2のインピーダンスを目標値に調整するための上記第1若しくは第2切取り部221若しくは222などの切取り量又は補助切除部250の切除量又はそれらの組み合わせ量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により演算部202で求める。ここでは、2つの切取り部、第1若しくは第2切取り部221若しくは222について言及しているが、切取り部は2つに限られるものではなく、1つ又は3つ以上の任意の個数でもよい。

次いで、ステップS302において、演算部202での上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた上記第1若しくは第2切取り部221若しくは222などの切取り量又は補助切除部250の切除量又はそれらの組み合わせ量に基き、上記パターン線路23のスタブ224にレーザ照射装置203でレーザを照射して上記パターン線路23のスタブ224を部分的に上記レーザにより切取りして第1若しくは第2切取り部221若しくは222などを形成し、又は、切除して補助切除部250を形成し、又は、切取り及び切除して第1若しくは第2切取り部221若しくは222など及び補助切除部250を形成する。

次いで、ステップS303において、上記入力整合回路2のインピーダンスを測定器30で測定する。

次いで、ステップS304において、測定結果と目標値とを演算部202で比較して、目標値に達したか否か判断する。具体的には、測定値と上記目標値とを上記演算部202で比較するとき、両者に許容範囲すなわち許容誤差範囲内の差があるか目標値に一致した場合には、インピーダンス調整作業を終了する。一方、両者に許容範囲すなわち許容誤差範囲以上の差がある場合にはステップS301に戻り、上記差に基づいてステップS301で上記演算部202で再びシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算を行い、切取り部の新たな切取り量、又は、補助切除部250の新たな切除量、又は、新たな切取り量及び切除量を求める。

ステップS301において、切取り部の新たな切取り量、又は、補助切除部250の新たな切除量、又は、新たな切取り量及び切除量を求めたときには、その求められた量に基き、ステップS302において上記パターン線路23のスタブ224にレーザ照射装置203によりレーザを照射して、上記パターン線路23のスタブ224を部分的に上記レーザにより切取り又は切除又は切取り及び切除して切取り部又は補助切除部250又はそれらの両方を形成したのち、再び、ステップS303において上記入力整合回路2のインピーダンスを測定器30で測定する。そして、ステップS304において、測定結果と目標

値とを演算部 202 で比較して、目標値に達したか否か判断する。このような動作を、測定値と上記目標値との差が許容誤差範囲内に入るまで又は測定値が目標値に一致するまで行う。測定値と上記目標値との差が許容誤差範囲内に入るまで行うか、測定値が目標値に一致するまで行うかは、調整の精度に応じて適宜選択する。

上記切取り又は切除の一例として、まず、第 1 切取り部 221 を形成し、次いで、第 2 切取り部 222 を形成し、次いで、補助切除部を形成する。また、他の例として、第 1 切取り部 221 を形成し、次いで、補助切除部を形成する。このとき、切取り過ぎてインピーダンスが所望値より小さくなり過ぎても、補助切除部を形成することにより、見かけ上、スタブ長さを大きくしてインピーダンスを大きくすることができる。

このようにして、入力整合回路 2 のインピーダンスの調整が行われる。同様に、出力整合回路 3 のインピーダンスの調整も行うことができる。

ここで、パターン線路 23 のスタブ 224 の厚み方向への補助切除部 250 の切除深さとインピーダンスの関係について説明する。

電気的な波長は比誘電率の平方根に反比例する。例えば、空气中（比誘電率 = 1）での 1 GHz の波長は（光の速度と同じなので）300 mm であるが、パターン線路 23 のスタブ 224 のセラミック基板（ここでは実効比誘電率を 9 とする。）の回路パターンでの 1 GHz の波長は、比誘電率の平方根が 3 なので、 $300 \div \sqrt{9} = 100$ (mm) となる。従って、実効比誘電率が 9 のパターン線路 23 のスタブ 224 上にある補助切除部 250 は、誘電体であるパターン線路 23 のスタブ 224 の基板を部分的に削除することにより、最大 3 倍の距離を得る事ができる。例えば、図 5 A においては、補助切除部 250 は 0.1 mm の幅を有しているが、パターン線路 23 のスタブ 224 の基板を部分的に削除することにより、図 5 B に示すように最大 0.3 mm の幅を有する補助切除部 251 と同等になる。

このように、パターン線路 23 のスタブ 224 の厚み方向への補助切除部 250 の切除深さを変えることにより、スミスチャートでの位相を変えることに

なるとともに、例えば1本の直線状のスリットにより4度位相を移動させることができる。以下にこれを詳述する。

図7に示すように、スミスチャートはインピーダンスを円状にプロットしたものである。中心は 50Ω 、右端がインピーダンス無限大、左端がインピーダンス 0Ω 、上下方向はインピーダンスの虚数成分で $+$ を示す。

図7のスミスチャートにおいて、基点となるのが、増幅素子1のトランジスタ T_r の入力インピーダンス、例えば、 5Ω （図6A、図6B及び図7の点<1>）である。図7のパターン線路23のスタブ224のパターン線路側の基端部にスリット260Aを形成するときの線路長の変化により、インピーダンスはスミスチャート上で図7の点<2>に動く。図7の点<2>は図6A、図6Bの点<2>に相当する位置である。

このようなスミスチャート上のパターン線路23のスタブ224の線路長によるインピーダンスの変化は以下のとおりである。

スミスチャートの正規化インピーダンスを 50Ω （中心が 50Ω ）、パターン線路23のスタブ224のインピーダンスも 50Ω とした場合は、パターン線路23のスタブ224の線路長さが長くなるにつれて、スミスチャートの中心を中心とする同心円状に右回りで回転する。回転する角度は、信号周波数の2分の1波長で 360 度である。 1GHz の信号のときは、空気中であれば光のスピードから1波長が 300mm であるため、 150mm で一周する。パターン線路23のスタブ224が実効比誘電率が9のセラミック基板（誘電体）であれば、波長が比誘電率の平方根で割った値になるので、 150mm を3で割って 50mm で一周する。 10GHz の信号になると、波長が10分の1になるので 5mm で一周する。

次に、2個のコンデンサ22すなわち第1コンデンサ C_1 、第2コンデンサ C_2 のうちを、第1コンデンサ C_1 を下記のように取り付けることにより、インピーダンスはスミスチャートで点<2>から点<3>に動く。

スミスチャート上での第1コンデンサ C_1 によるインピーダンスの変化は以下のとおりである。

第1コンデンサC1により、スミスチャートの水平線上に中心を持ち、左端の点と移動元の点を通る円上を右回りに動く。移動量言い換えればインピーダンスの変化量は第1コンデンサC1の定数と信号周波数に依存する。定数が小さければ移動量は少なく、無限大になれば左端の点に収束する。周波数も低ければ移動量が少なく、周波数が高くなれば移動量は大きくなる。この場合も、やはり左端の点で収束する。

移動量は元のインピーダンスの位置にも依存し、第1コンデンサC1も純粋にコンデンサ成分のみを持つわけではなく、リアクタンス成分（コイルのような成分）を持つため、一般的に数値を挙げて例を挙げることはできないが、0.1 pF～5 pFぐらいの定数を使うことが多い。そして、点<2>から点<3>への移動を、例えば1 pFの第1コンデンサC1で行う。

次に、点<3>において、図7のパターン線路23のスタブ224のパターン線路側の基端部とは反対側の端部にスリット260Bを形成するときの線路長の変化により、インピーダンスはスミスチャート上で図7の点<3>から点<4>に動く。

次に、第1コンデンサC1と同様に、第2コンデンサC2について取り付けることにより、インピーダンスはスミスチャートで点<4>から点<5>に動く。この結果、5 Ωを50 Ω（スミスチャートの中心）に変換している。

なお、上記例において、コンデンサ22として2個のコンデンサすなわち第1コンデンサC1及び第2コンデンサC2を一对のパターン線路23、23に実装してインピーダンス変換を2回行う理由は以下のとおりである。すなわち、上記例では中心周波数での調整例であるが、一般に、必要な周波数は帯域幅を持っている。周波数帯域の幅を広げるためには、複数のコンデンサを使い、少量ずつインピーダンス変換を行ったほうが周波数帯域が広く取れることがわかっている。それで、この例では、コンデンサ22を2個実装して、2回に分けて変換を行うようにしたものである。

次に、パターン線路23のスタブ224での補助切除部250の切除形状を変えることによる整合回路2のインピーダンス調整方法について説明する。

(1) 補助切除部 250 の第 1 例として直線状スリットを形成する方法 (図 8 参照)

まず、図 9 のように $\lambda/2$ のパターン線路 23 のスタブ 224 に幅方向沿いに直線状スリット 260 を形成したときのインピーダンスの動きを図 10 のスミスチャートに示す。

図 9 において、パターン線路 23 のスタブ 224 の〈1〉の位置にスリット 261 を入れた場合、図 10 のスミスチャートの〈1〉の方向へ動く。パターン線路 23 のスタブ 224 の〈2〉の位置にスリット 262 を入れた場合、図 10 のスミスチャートの〈2〉の方向へ動く。パターン線路 23 のスタブ 224 の〈3〉の位置にスリット 263 を入れた場合、図 10 のスミスチャートの〈3〉の方向へ動く。なお、1 本のスリット 260 を形成するだけではスミスチャート上での移動量が少なすぎるため、3 本以上、できれば千鳥状に、スリット 260 を形成することが好ましい。

また、スリットを組み合わせた場合、例えば、〈1〉の位置のスリット 261 と〈2〉の位置のスリット 262 とを組み合わせた場合、図 11 のスミスチャートに示すようにそれぞれ〈1〉に向けて動く方向と〈2〉に向けて動く方向とのベクトル和の方向 F へ動く。但し、図 10 のスミスチャートの〈A〉は、スリット 260 A をパターン線路 23 のスタブ 224 の $\lambda/2$ のパターン長さの位置に形成したときのインピーダンスの方向である。

次に、スリット 260 の長さについて、図 12 のような幅 W のパターン線路 23 のスタブ 224 に、w の長さのスリット 260 を形成した場合、表 1 のような位相の変化が見られる。

(表 1)

直線状スリットと位相の関係

スリット長さ W	$\frac{1}{2}W$	$\frac{4}{5}W$
位相 [deg]	1 ~ 2	3 ~ 5

つまり、図13のスミスチャートに示すようなインピーダンスの動きが見られる。

スリット260の本数を増やした場合には、位相もスリット260の本数に比例して増加していく。つまり、(位相変化=スリット1本の位相変化×スリットの本数)である。

では、具体的に、インピーダンス調整にスリット260を使用する場合を説明する。

図14のような整合回路2を使い、インピーダンス Z_{in} を 50Ω のパターン線路23とそのパターン線路23へコンデンサの実装位置により、図15のスミス・チャートのB点(50Ω)に移動させる場合、増幅素子1のインピーダンスを、

$$Z = 5 + j0\Omega \text{ (図15のA点)} \quad \dots\dots\dots \text{(数1)}$$

とする。これに、適当なパターン線路長の 50Ω のパターン線路23を設けたときのインピーダンスを、

$$Z_{in1} = 5.4 + j13.3\Omega \text{ (図15のB点)} \quad \dots\dots\dots \text{(数2)}$$

とする。次の並列にコンデンサを設けることで、

$$Z_{in2} = 27.3 + j17.2\Omega \text{ (図15のC点)} \quad \dots\dots\dots \text{(数3)}$$

とする。これに、適当なパターン線路長の 50Ω のパターン線路23を設けたときのインピーダンスを

$$Z_{in3} = 31.6 + j24.4\Omega \text{ (図15のD点)} \quad \dots\dots\dots \text{(数4)}$$

とする。次に適当なパターン線路長を $50\ \Omega$ のパターン線路 2 3 にスタブ 2 2 4 を設けたときのインピーダンスは、

$$Z_{in4} = 38 + j24.4\ \Omega \quad (\text{図 15 の E 点})$$

5

..... (数 5)

に移動するが、これでは目標インピーダンス $50\ \Omega$ に整合がとれない。そこで、上記スタブ 2 2 4 の長さを $10\ [deg]$ 程、短くする方向にカットすることで、スミスチャート上の E 点は、

10

$$Z_{in1'} = 50 + j0\ \Omega \quad (\text{図 15 の E' 点})$$

..... (数 6)

に移動する。つまり、目標の点であるインピーダンス $50\ \Omega$ に整合がとれたことになる。

(2) 補助切除部 2 5 0 の第 2 例として切欠を形成する方法 (図 1 6 参照)

15

まず、図 1 7 のように $\lambda/2$ のパターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 に面カットすなわち切欠 2 7 0 を形成したときのインピーダンスの動きを図 1 8 に示す。パターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 の $\langle 1 \rangle$ の位置に切欠 7 1 を入れた場合、図 1 8 のスミスチャートの $\langle 1 \rangle$ の方向へ動く。パターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 の $\langle 2 \rangle$ の位置に切欠 7 2 を入れた場合、図 1 8 のスミスチャートの $\langle 2 \rangle$ の方向へ動く。パターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 の $\langle 3 \rangle$ の位置に切欠 7 3 を入れた場合、図 1 8 のスミスチャートの $\langle 3 \rangle$ の方向へ動く。また、切欠 2 7 0 を組み合わせた場合、例えば、スミスチャートの $\langle 1 \rangle$ と $\langle 2 \rangle$ の切欠 7 1, 7 2 を組み合わせた場合、図 1 9 のようにそれぞれ $\langle 1 \rangle$ に向けて動く方向と $\langle 2 \rangle$ に向けて動く方向とのベクトル和の方向 F へ動く。但し、図 1 8 のスミスチャートの $\langle A \rangle$ は、切欠 2 7 0 A をパターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 の $\lambda/2$ のパターン長さの位置に形成したときのインピーダンスの方向である。

20

25

次に、切欠 2 7 0 の幅と長さについて、図 2 0 のような幅 W のパターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 に幅 w ・長さ L の切欠 2 7 0 を形成した場合、幅 w はスリ

ット260の場合と同様な値を示すが、切欠270の長さLを増加させるに従い、表2のような位相の変化が見られる。

(表2)

切欠長さと位相の関係

切欠 幅W	$\frac{1}{2}W$	$\frac{4}{5}W$
位相の増加量/ 切欠長さの増加量 [deg/0.1mm]	0.05~ 0.15	0.15~ 0.35

つまり、図21のスミスチャートに示すようなインピーダンスの動きが見られる。

切欠長さLを増やしていくと、位相の変化量も比例して増加していく。つまり、位相変化 = {スリット1本の変化量 ($w = 4W/5$ のとき、 $3 \sim 5$ [deg])} + {切欠の増加量} \times {位相の変化量 ($w = 4W/5$ のとき、 $0.15 \sim 0.35$ [deg/0.1mm])} である。

切欠270の長さの変化量は、パターン線路23のスタブ224にスリット260を複数本形成するときと比べて、微量な変化量である。切欠270を用いたインピーダンス調整方法については、位相変化が微小になる以外は、スリット260を形成するときのインピーダンス調整方法と同様である。

(3) 補助切除部250の第3例として鍵型スリットを形成する方法

まず、図22のように $\lambda/2$ のパターン線路23のスタブ224に鍵型スリット280を形成したときのインピーダンスの動きを図23に示す。パターン線路23のスタブ224の<1>の位置に鍵型スリット81を形成した場合、図24のスミスチャートの<1>の方向へ動く。パターン線路23のスタブ224の<2>の位置に鍵型スリット82を形成した場合、図24のスミスチャ

ートの<2>の方向へ動く。パターン線路23のスタブ224の<3>の位置に鍵型スリット83を形成した場合、図24のスミスチャートの<3>の方向へ動く。また、鍵型スリット280を組み合わせた場合、例えば、<1>と<2>の鍵型スリット81, 82を組み合わせた場合、図25のようにそれぞれ<1>に向けて動く方向と<2>に向けて動く方向のベクトル和の方向Fへ動く。但し、図24の<A>は、鍵型スリット280Aをパターン線路23の $\lambda/2$ のパターン長さの位置に形成したときのインピーダンスの方向である。

次に、鍵型スリット280の幅（スリット280A）と長さ（スリット280B）について、図26のような幅Wのパターン線路23のスタブ224に、幅w（スリット280A）でかつ長さL（スリット280B）の鍵型スリット280を形成する場合、幅wは直線状スリット260の場合と同様な値を示すが、長さL（スリット280B）を増加させるに従い、表3のような位相の変化が見られる。

(表3)

スリットA 幅W	$\frac{1}{2}W$	$\frac{4}{5}W$
位相の増加量/ かぎ型スリット長さの増加量 [deg/mm]	4.0～ 6.0	12.0～ 15.0

つまり、図27のスミスチャートに示すようなインピーダンスの動きが見られる。

長さL（スリットB）を増やしていくと、位相の変化量も比例して増加していく。つまり、位相変化＝{スリット1本の変化量（ $w=4W/5$ のとき、3～5 [deg]）}＋{長さLの増加量}×{位相の変化量（ $w=4W/5$ のとき、12.0～15.0 [deg/mm]）}である。鍵型スリット280の長さの変化量は、パターン線路23のスタブ224にスリット260を複数

本形成するときと比べて、比較的大きな変化量である。

鍵型スリットを用いたインピーダンス調整方法については、位相変化が大きくなる以外は、スリット260を形成するインピーダンス調整方法と同様である。

- 5 (4) 補助切除部250の第4例として、直線状スリット260、切欠270、鍵型スリット280を組み合わせ（図28参照）

直線状スリット260、切欠270、鍵型スリット280を組み合わせた場合の整合回路のインピーダンス調整方法は以下のとおりである。

10 直線状スリット260、切欠270、鍵型スリット280のそれぞれの特徴については、位相の変化量が、それぞれ異なり、以下にその大きさを示す。

- ・ {切欠 (0.15～0.35 [deg/0.1mm])}
- < {直線状スリット (3.0～5.0 [deg])}
- < {鍵型スリット (12.0～15.0 [deg/mm])}

ただし、 $w = 4W/5$ のときである。

15 ある能動素子1のインピーダンス Z_0 が、

$$Z_0 = 2 + j0 \quad \dots \dots \dots \text{(数7)}$$

20 であり、これを 50Ω に整合するとする。このときの調整に、位相変化量の大きい鍵型スリット280を粗調整用（図28の<1>）として、位相変化量の少ない切欠270を微調整用（図28の<2>）として整合回路上に形成する。

25 まず、整合回路2に鍵型スリット280及び切欠270を形成しない場合を図7の実線で結んだインピーダンスで示す。そして、まず、鍵型スリット<1>を形成することで、位相を大きく回す。そのときのインピーダンスを図7の破線で示す。そして、次に、切欠<2>を形成することで、位相を小さく回す。このときのインピーダンスを点線で示す。これで、図7に示してある (i) → (i i) → (i i i) とインピーダンスが動き、 50Ω に整合される。

上記第1実施形態によれば、インピーダンス調整を行うため、スタブ234

の端部を切取って切取り部 2 2 1, 2 2 2 を形成していく上でスタブ 2 3 4 を切取り過ぎたとき、補助切除部 2 5 0 を形成することにより、見かけ上、スタブ 2 3 4 を長くすることができ、インピーダンス調整を容易にかつより精度良く調整することができる。例えば、高周波シュミレータなどで、周波数 2 GHz の条件下で、50 Ω のスタブ（線路幅 2.25 mm）に、切り込み幅 30 μ m、切り込み長さ 1.75 mm のスリットを入れると、位相角が 5 度程度変化する。これは、線路長さが 0.5 mm 程度長くなったことと等価になる。よって、これを利用して、スタブ 2 3 4 を切取り過ぎたとき、スリット 2 6 0 を入れることにより、見かけ上、スタブ 2 3 4 を長くすることができる。これに対して、従来の方法では、スタブを形成していても、スタブを単に切取るだけであつたため、切取り過ぎた場合には、その整合回路 2 は廃棄することになるため、スタブを切取る量を微量量ずつとして、切取り過ぎないように細心の注意が必要であり、かつ、切取り作業言い換えれば調整作業に時間がかかるものであつた。これに対して、上記第 1 実施形態では、切取り過ぎてインピーダンスが所望値より小さくなり過ぎても、補助切除部を形成することにより、見かけ上、スタブ長さを大きくしてインピーダンスを大きくすることができる。よって、再度、インピーダンスを上記所望値に近づけるように、スタブの切取りを行うことができ、インピーダンス調整を容易にかつより精度良く調整することができる。

また、上記レーザにより切取る切取り量と切除する切除量とそれらの両方の量のそれぞれと上記入力整合回路 2 のインピーダンスとの関係に基き、上記入力整合回路 2 のインピーダンスを目標値に調整するための上記切取り量又は切除量又は切取り量及び切除量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求め、上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた量に基き、上記パターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 を部分的に上記レーザにより切取り又は切除又は切取り及び切除して、上記入力整合回路 2 のインピーダンスを目標値に調整するようにしている。従って、パターン線路 2 3 上でのコンデ

ンサ 2 2 の装着位置を変更することによりインピーダンスを目標値に調整するものではないため、パターン線路 2 3 を短くすることができ、装着スペースを小さくすることができ、かつ、簡単かつ精度良くインピーダンス調整を行うことができる。これに対して、従来では、パターン線路上でチップコンデンサの装着位置を変更してインピーダンス調整するため、パターン線路の長さは少なくともインピーダンス調整できる程度の長さが必要となり、必然的にパターン線路を長くする必要があり、配置スペースが大きくなる。しかしながら、上記第 1 実施形態では、コンデンサの装着位置を変更する必要がなくなり、パターン線路の長さを短くすることができるとともに、単に、パターン線路 2 3 のスタブ 2 2 4 を部分的に切取り又は切除又は切取り及び切除すればよいだけであるため、装着位置変更不要により装着位置変更作業も不要となる。

また、演算部 2 2 では高周波での演算機能を有し、記憶部 2 0 1 には整合回路 2 のパターン線路のスタブの切取り量又は切除量（必要に応じて、切取り量及び切除量）とインピーダンス特性との関係情報を記憶させることにより、コンデンサ 2 2 の定数とインピーダンス移動量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により予測しながら切取り部の量又は補助切除部の位置や量を決定させることができ、従来のカットアンドトライ方法から脱却でき、より早くかつ精度良くインピーダンス調整を行うことができる。この結果、例えば、切取り部形成及び補助切除部形成前のインピーダンスの測定値と、整合回路 2 の初期特性のデータから、トランジスタ 1 の特性値を演算部 2 0 2 で演算し、インピーダンスを $50\ \Omega$ に合わせるときの切取り量、又は、切除量及び切除位置、又は、切取り量及び切除量及び切除位置を求め、当該切取り量を切取る又は当該切除量を切除位置で切除することによりインピーダンスが $50\ \Omega$ に大略なり、後は微調整を行えばよいことになり、調整作業の簡略化及び短縮化を大幅に図ることができる。加えて、増幅素子の例であるトランジスタ 1 用の半導体ロットの情報と、微調整の結果を記憶部 2 0 1 に蓄積してそれらの情報も加味してシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算することにより、インピーダンス

を目標値に絞り込む領域をより一層小さくすることができるので、調整時間のより一層のスピードアップが可能である。

また、従来は人手による調整作業のため調整時間が長かつ作業者によるばらつきがあったが、上記調整装置ではほぼ自動的にインピーダンス調整を行うことができるため、短時間で調整が行え、かつ、ばらつきも小さくなる。

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の態様で実施できる。

例えば、図 29 に示すように、本発明の第 2 実施形態として、左右のパターン線路 23、23 のスタブ 224、224 の左右の切取り量、又は、左右の補助切除部 297、298 の切除量、又は、上記切取り量及び切除量を互に異ならせるようにしてもよい。例えば、左右のパターン線路 23、23 のスタブ 224、224 において、スタブ 224、224 の切取り量を異ならせたり、直線状スリット 260 の幅方向の長さ又は厚み方向の深さを左右で異ならせたり、切欠 270 の面積を左右で異ならせたり、鍵型スリット 280 の幅方向若しくは長手方向の長さ又は厚み方向の深さを左右で異ならせるようにしてもよい。すなわち、従来、パターン線路上でチップコンデンサの装着位置を変更するとともにスタブの長さを短くすることだけでインピーダンス調整を行っているが、対向線路の両方が同時に変化するため、左右のバランスが調整できないといった問題があった。これに対して、本発明の第 2 実施形態においては、例えば左右のパターン線路 23、23 のスタブ 224、224 の左右の上記切取り量、又は、上記切除量、又は、上記切取り量及び上記切除量を異ならせることにより、左右のバランスの調整が可能となり、インピーダンス特性を向上させることができる。

また、図 30A～図 30C に示すように、本発明の第 3 実施形態として、パターン線路 23 のスタブ 224 の厚み方向の切除量を変更するようにしてもよい。すなわち、従来、パターン線路上でチップコンデンサの装着位置を変更してインピーダンス調整を行うため、パターン線路のスタブ 224 を構成する誘電体の物理定数のばらつきにインピーダンス特性が左右されてしまい、かつ、

微調整ができず、インピーダンス特性が悪いといった問題があった。これに対して、本発明の第3実施形態においては、パターン線路23のスタブ224の厚み方向の切除量、特に、導体224aより下方の基板224bでの切除深さを、例えば、図30Aの288の位置よりも深い289の位置に変更することにより、インピーダンスの位相の移動量が小さくなって、インピーダンス特性に合わせて微調整が可能となる。よって、より精度良く調整が行えるため、インピーダンス特性も良くなり、歩留まりも高くなる。なお、224cは接地部である。また、 $\lambda/4$ の結合回路の結合量の調整も、パターン間の誘電体深さを調整することにより行うことができる。

また、図31に示すように、本発明の第4実施形態として、パターン線路23のスタブ224の厚み方向に予め凹部290を形成しておき、その凹部290に絶縁性樹脂291を埋め込んだのち、その絶縁性樹脂291をレーザにより切除して補助切除部292を形成するようにしてもよい。すなわち、従来、パターン線路上でチップコンデンサの装着位置を変更してインピーダンス調整するため、パターン線路のスタブ224を構成する誘電体の物理定数のばらつきにインピーダンス特性が左右されてしまい、かつ、長さを短くするだけの一方のインピーダンスの微調整ができず、インピーダンス特性が悪いといった問題があった。これに対して、本発明の第4実施形態においては、パターン線路23のスタブ224の厚み方向に予め凹部290を形成しておき、その凹部290に絶縁性樹脂291を埋め込んだのち、その絶縁性樹脂291をレーザにより切除して、直線状スリット260、切欠270、又は鍵型スリット280などの補助切除部292を形成するようにしている。この結果、微調整を行いたいとき、セラミックス製基板上などのパターン線路23のスタブ224を微小量だけ切除するより簡単に絶縁性樹脂291を微小量だけ切除することができ、インピーダンス特性に合わせた微調整が可能となり、インピーダンス特性もより良くすることができ、歩留まりもより高くすることができる。なお、図31において、凹部290としては、少なくともパターン線路23のスタブ224の導体部224aに形成すればよく、誘電体である基板224bまで形成

する必要はないが、大きく切除する場合なども考慮する場合など、必要に応じて、凹部 290 に続く凹部 290 a を基板 224 b に形成するようにしてもよい。絶縁性材料の具体例としては、エポキシ系樹脂、シリコーン系樹脂などがある。

5 また、図 32A～図 32D に示すように、本発明の第 5 実施形態として、パターン線路 23 のスタブ 224 の幅方向（図 32A の矢印 2270 h 参照）への切除と、パターン線路 23 のスタブ 224 の厚み方向（図 32A の矢印 270 i 参照）への切除とを組み合わせることにより、インピーダンス特性に合わせて微調整できるようにしてもよい。すなわち、パターン線路 23 の幅方向への切除だけではインピーダンス調整の方向が一方向すなわちインピーダンスが増加する方向のみとなり、パターン線路 23 のスタブ 224 の基板 224 b を構成する誘電体の物理定数のばらつきにより、インピーダンス特性が左右されることになり、調整精度が低いく、調整作業に時間がかかることがある。これ
10 に対して、本発明の第 5 実施形態においては、パターン線路 23 のスタブ 224 の幅方向への切除量を大きくすればインピーダンスが増加する一方、パターン線路 23 のスタブ 224 の厚み方向への切除量を大きくすればインピーダンスが減少することに着目し、両者を組み合わせるようにする。このようにすれば、インピーダンス特性に合わせて微調整が可能となる。従って、インピーダンス特性も良くなり、歩留まりも高くすることができる。また、 $\lambda/4$ の結合回路の結合量の調整も、パターン間の誘電体深さを調整することにより行うことができる。
15
20

25 上記実施形態にかかるインピーダンス調整方法及びその装置は、特に、携帯電話等の電話の基地局において、画像、音声、又は、文字情報の少なくとも 1 つを有する搬送波を受信し、増幅したのち、発信する送信アンプ回路での整合回路におけるインピーダンス調整作業に有用なものである。近年、電話の基地局において使用される周波数の使用帯域が 1 GHz から 2 GHz、さらには 5 GHz に移行するにあたり、整合回路の上記インピーダンス調整作業においてスミスチャート上でのインピーダンスの変化を描く直線の角度が少しでも異な

れば搬送波のサインカーブの山が大きく変化するため、インピーダンス調整作業が非常に困難なものとなると考えられている。例えば、2 GHzでの搬送波のサインカーブは、1 GHzでの搬送波のサインカーブの半分程度の周期となるため、サインカーブの例えば山部分を少し左右に位置をずらすように調整しようとして、スミスチャート上でインピーダンスを変化させると、1 GHzでの搬送波のサインカーブでの調整時は、多少、左右調整の手元が狂っても、大きく変化することはないのに対して、2 GHzでの搬送波のサインカーブでの調整時は、左右調整の手元が少しでも狂うと、大きく変化してしまうことになり、1 GHzよりも2 GHzになるほうが調整作業がより困難になる。これが、2 GHz以上になると、調整作業での高い精度が要求されることになり、人手のみでは不可能になる場合もありえる。また、使用帯域が1 GHzから2 GHz、さらには5 GHzに移行するにあたり、減衰率が大きくなり、その分、大きな出力が求められるようになる。一方、同一帯域内でのチャンネルの干渉を防止する必要があるが、周波数の幅、すなわち、電波の容量が、複数の電波を同じに発信するとき、互いに干渉してしまい、サインカーブが崩れて歪が生じることになる。これらの問題を解決するためには整合回路でインピーダンスを微調整することが必要であるが、従来の人手による方法では自ずと限界がある。さらに、この種の基地局用送信アンプ回路内の半導体素子は、ロット毎に微妙に異なるため、前回のロットでのインピーダンス調整方法を其のまま他のロットに適用することが困難であり、ロット毎にインピーダンス調整作業方法が異なるものである。よって、ますます、人手による調整作業が困難になる。

これに対して、本発明では、上記したように、インピーダンス調整作業を容易に高精度に行うことができ、画像、音声、又は、文字情報の少なくとも1つを有する搬送波を受信し、増幅したのち、発信する基地局用送信アンプ回路であっても、インピーダンス調整を容易にかつ高精度を確保しつつ短時間で行うことができるので好適である。

また、図34に送信アンプ回路の一例を示す。図において、パワー入力 P_{in} が送信アンプ回路に入力され、パワー出力 P_{out} が出力され、パワー出力

P o u t 側はアンテナ 4 0 0 に接続されているとする。この場合、図 3 5 に示すように、例えば、パワー入力 P i n とパワー出力 P o u t との関係が A 1 の傾斜を有する直線関係であるとき、P x 1 の出力を得たいとき、本来ならば P y 1 の入力ではよいはずである（点線 A 3 参照）。ところが、P y 1 付近ではパワー入力 P i n とパワー出力 P o u t との直線関係が崩れて A 2 のような湾曲線となっており、P y 1 の入力では、P x 1 よりも大きな P x 2 の出力が生じてしまい、この出力が歪となってしまふ。そこで、整合回路においてインピーダンス調整することにより、A 1 の傾斜を A 4 のように傾斜がやや緩やかになるように調整することにより、パワー入力 P i n とパワー出力 P o u t との関係が A 4 の傾斜を有する直線関係であれば、P y 1 を入力すれば、P x 1 ほどの大きな出力は出ないが、直線的な関係に基く P x 2 の出力が得られ、歪が生じなくなる。このように、インピーダンス調整を適切に行うことにより、歪の発生をも防止することができる。

なお、上記各実施形態において、上記整合回路としては、コンデンサが無いものでもよい。

なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

本発明の整合回路のインピーダンス調整方法によれば、インピーダンス調整を行うため、スタブの端部を切取って切取り部を形成していく上でスタブを切取り過ぎたとき、補助切除部を形成することにより、見かけ上、スタブを長くすることができ、インピーダンス調整を容易にかつより精度良く調整することができる。これに対して、従来の方法では、スタブを形成していても、スタブを単に切取るだけであったため、切取り過ぎた場合には、その整合回路は廃棄することになるため、スタブを切取る量を微小量ずつとして、切取り過ぎないように細心の注意が必要であり、かつ、切取り作業言い換えれば調整作業に時間がかかるものであった。これに対して、上記本発明では、切取り過ぎてインピーダンスが所望値より小さくなり過ぎても、補助切除部を形成することにより、見かけ上、スタブ長さを大きくしてインピーダンスを大きくすることがで

きる。よって、再度、インピーダンスを上記所望値に近づけるように、スタブの切取りを行うことができ、インピーダンス調整を容易にかつより精度良く調整することができる。

また、本発明の整合回路のインピーダンス調整方法によれば、切取る切取り量と切除する切除量と整合回路のインピーダンスとの関係に基き、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するための上記切取り量又は切除量又は切取り量及び切除量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求め、上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた量に基き、上記パターン線路のスタブ224を部分的に切取り又は切除又は切取り及び切除して、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するようにしている。従って、例えばパターン線路上でのコンデンサの装着位置を変更することによりインピーダンスを目標値に調整するものではないため、パターン線路を短くすることができて、装着スペースを小さくすることができ、かつ、簡単かつ精度良くインピーダンス調整を行うことができる。これに対して、従来では、パターン線路上でチップコンデンサの装着位置を変更してインピーダンス調整を行うようにしており、パターン線路の長さは少なくともコンデンサの装着位置を変更できる程度の長さが必要となり、必然的にパターン線路を長くする必要があり、装着スペースが大きくなる。また、コンデンサの装着位置の変更といった煩雑かつ時間のかかる作業となっていた。しかしながら、本発明では、装着位置を変更する必要がなくなり、パターン線路の長さを短くすることができるとともに、単に、パターン線路のスタブを部分的に切除すればよいだけであるため、装着位置変更不要により装着位置変更作業も不要となる。

また、本発明の整合回路のインピーダンス調整装置の演算部では高周波での演算機能を有し、記憶部には整合回路のパターン線路のスタブの切取り量又は切除量又は切取り量とインピーダンス特性との関係情報を記憶させることにより、（コンデンサがある場合はコンデンサの定数と）インピーダンス変化量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較

演算により予測しながら切取り部の量又は補助切除部の位置や量を決定させることができ、従来のカットアンドトライ方法から脱却でき、より早くかつ精度良くインピーダンス調整を行うことができる。

また、従来は人手による調整作業のため調整時間が長かつ作業者によるばらつきがあったが、上記調整装置ではほぼ自動的にインピーダンス調整を行うことができるため、短時間で調整が行え、かつ、ばらつきも小さくなる。

さらに、本発明の別の態様として、左右のパターン線路のスタブの左右の上記切取り量、又は、上記切除量、又は、上記切取り量及び上記切除量を互に異ならせるようにすれば、左右のバランスの調整が可能となり、インピーダンス特性を向上させることができる。

また、本発明の別の態様として、パターン線路のスタブの厚み方向の切除量を変更するようにすれば、パターン線路のスタブの厚み方向の切除量、特に、導体より下方の基板での切除深さを深くすることにより、インピーダンスの位相の移動量が小さくなって、インピーダンス特性に合わせて微調整が可能となる。よって、より精度良く調整が行えるため、インピーダンス特性も良くなり、歩留まりも高くなる。

また、本発明の別の態様として、パターン線路のスタブの厚み方向に予め凹部を形成しておき、その凹部に絶縁性樹脂を埋め込んだのち、その絶縁性樹脂を切除して補助切除部を形成するようにすれば、微調整を行いたいとき、セラミツク製基板上などのパターン線路のスタブを微小量だけ切除するより簡単に絶縁性樹脂を微小量だけ切除することができ、インピーダンス特性に合わせた微調整が可能となり、インピーダンス特性もより良くすることができ、歩留まりもより高くすることができる。

また、本発明の別の態様として、パターン線路のスタブの幅方向への切除と、パターン線路のスタブの厚み方向への切除とを組み合わせるようにすれば、インピーダンス特性に合わせて微調整することができる。従って、インピーダンス特性も良くなり、歩留まりも高くすることができる。

本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

09265827, 040604

請 求 の 範 囲

1. パターン線路を有する整合回路において、上記パターン線路より幅方向に突出したスタブを部分的にり取ることにより、上記整合回路のインピーダンスを調整する上で上記スタブを切り取り過ぎたとき、上記スタブを部分的に切除する補助切除部を形成することにより、見かけ上、上記スタブを長くする整合回路のインピーダンス調整方法。

2. 上記パターン線路の上記スタブを部分的に切り取る切り取り量と、上記整合回路のインピーダンスとの関係、並びに、上記スタブを部分的に切除する補助切除部の切除量と、上記整合回路のインピーダンスとの関係に基き、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するための上記切り取り量、又は、上記切除量、又は、上記切り取り量及び上記切除量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求め、

上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求められた上記スタブの上記切り取り量、又は、上記切り取り量及び上記切除量に基き、上記スタブを部分的に切り取り又は切除して、上記整合回路のインピーダンスを目標値に調整するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

3. 上記スタブを部分的に切除して上記補助切除部を形成するとき、上記スタブの幅方向にスリットを形成するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

4. 上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して櫛歯状に切り込むようにした請求項3に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

5. 上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して千鳥状に切り込みを行うようにした請求項3に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

6. 上記パターン線路の上記スタブを部分的に切除して上記補助切除部を形成するとき、上記パターン線路の上記スタブの幅方向に切欠を形成するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

7. 上記パターン線路の上記スタブを部分的に切除して上記補助切除部を形成するとき、上記パターン線路の上記スタブに鍵型スリットを形成するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

8. 上記パターン線路のそれぞれの上記スタブでの上記切取り量、又は、上記切除量、又は、上記切取り量及び上記切除量を互に異ならせるようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

9. 上記パターン線路の上記スタブの厚み方向の上記補助切除部の切除量を変更することによりインピーダンス調整を行うようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

10. 上記パターン線路の上記スタブの厚み方向に予め凹部を形成しておき、その凹部に絶縁性樹脂を埋め込んだのち、その絶縁性樹脂を切除して上記補助切除部を形成するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

11. 上記パターン線路の上記スタブの幅方向へ切除と、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向への切除とを組み合わせることにより、インピーダンス特性に合わせて微調整するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

12. 上記補助切除部の長さや幅により、スミスチャート上でのインピーダンス変化量が変化し、上記インピーダンス上での位相を基に上記整合回路の上記インピーダンスを上記目標値に調整するようにした請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

13. 上記スタブを部分的にレーザにより切除して上記補助切除部を形成する請求項1に記載の整合回路のインピーダンス調整方法。

14. パターン線路を有する整合回路の上記パターン線路の上記スタブにレーザを照射して上記パターン線路の上記スタブを部分的に切除して補助切除

部を形成するレーザ照射装置と、

上記整合回路のインピーダンスを測定する測定器と、

上記パターン線路の上記スタブを部分的にレーザにより切り取る切取り量と
上記整合回路のインピーダンスとの関係、並びに、上記スタブを部分的に上記
5 レーザにより切除する補助切除部の切除量と上記整合回路のインピーダンスと
の関係を予め記憶する記憶部と、

上記記憶部に記憶された上記関係に基づき、上記整合回路のインピーダンスを
目標値に調整するための上記切取り量、又は、上記切取り量及び上記切除量を
シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較
10 演算により求める演算部とを備え、

上記演算部の上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベー
ス内の情報との比較演算により求められた上記切取り量、又は、上記切取り量
及び上記切除量に基づき、上記パターン線路の上記スタブにレーザを照射して上
記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザにより切り取り又は切除した
15 のち、上記測定器により上記整合回路のインピーダンスを測定し、上記測定器
により測定されたインピーダンスの測定値と上記目標値とを上記演算部で比較
して、両者に許容範囲以上の差がある場合には、その差に基づいて上記演算部
の上記シミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報と
の比較演算により再び求められた切取り量、又は、切取り量及び上記切除量に
20 基づき、上記パターン線路の上記スタブにレーザを照射して上記パターン線路の
上記スタブを部分的に上記レーザにより切り取り又は切除する整合回路のインピ
ーダンス調整装置。

15. 上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザ照射装置から
照射される上記レーザにより切除して上記補助切除部を形成するとき、上記レ
ーザにより上記パターン線路の上記スタブの幅方向にスリットを形成するよう
にした請求項14に記載の整合回路のインピーダンス調整装置。

16. 上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより形成される上
記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して櫛歯状に切

17. 上記レーザ照射装置から照射される上記レーザで形成する上記スリットは、上記パターン線路の上記スタブに3本以上形成して千鳥状に切り込みを行うようにした請求項15に記載の整合回路のインピーダンス調整装置。

19. 上記パターン線路の上記スタブを部分的に上記レーザ照射装置から照射される上記レーザにより切除して上記補助切除部を形成するとき、上記レーザにより上記パターン線路の上記スタブに鍵型スリットを形成するようにした請求項14に記載の整合回路のインピーダンス調整装置。

21. 上記パターン線路の上記スタブの厚み方向の上記補助切除部の切除量を変更することによりインピーダンス調整を行うようにした請求項14に記載の整合回路のインピーダンス調整装置。

23. 上記パターン線路の上記スタブの幅方向へ切除と、上記パターン線路の上記スタブの厚み方向への切除とを組み合わせることにより、インピーダンス特性に合わせて微調整するようにした請求項14に記載の整合回路のインピーダンス調整装置。

24. 上記レーザ照射装置から照射される上記レーザで形成する上記補助
切除部の長さと幅により、スミスチャート上でのインピーダンス変化量が変化

し、上記インピーダンス上での位相を基に上記整合回路の上記インピーダンスを上記目標値に調整するようにした請求項14に記載の整合回路のインピーダンス調整装置。

開 示 内 容 の 要 約

5

パターン線路のスタブを部分的に切除する切除量と、整合回路のインピーダンスとの関係に基づき、インピーダンスを目標値に調整するための切除量をシミュレーション又はインピーダンス測定値のデータベース内の情報との比較演算により求め、求められた切除量に基づき、パターン線路のスタブを部分的に切除して、インピーダンスを目標値に調整する。

T09040" 040601 0903027